

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-255134

(43) 公開日 平成7年(1995)10月3日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 2 J 7/02
7/00

識別記号

H

庁内整理番号

3 0 2 C

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-67888

(22) 出願日 平成6年(1994)3月11日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 福山 雄一

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

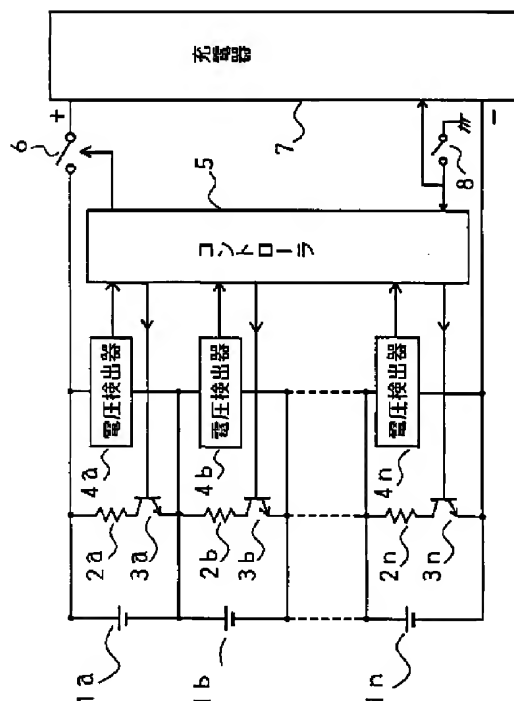
(74) 代理人 弁理士 菊谷 公男 (外3名)

(54) 【発明の名称】 2次電池の直列接続回路

(57) 【要約】

【目的】 リチウムイオン電池等の組電池のエネルギー効率を向上させる。

【構成】 充電信号スイッチ8がONになり充電を開始する前に、直列接続の組電池を構成する2次電池1a~1nの各電圧を、電圧検出器4a~4nによって検知し、各電池のDODのパラツキを検出する。コントローラ5は、検知電圧が放電終止電圧以上の電池の放電用トランジスタ3a等をONにして、放電抵抗2a等を介し放電終止電圧まで放電させて、各電池のDODを揃える。この後コンタクタ6をONにして、充電器7より充電電圧・電流を組電池に印加して充電を開始し、電池のいずれか1つが満充電に達したら充電を完了させる。これにより使用できるエネルギー量の減少と、過充電による電池寿命の短縮が防止される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 DOD に応じて端子電圧が変化する 2 次電池を複数個直列に接続して構成する組電池において、前記各 2 次電池の端子電圧より各 2 次電池の DOD を検出する電圧検出手段と、前記各 2 次電池を独立に放電させる放電スイッチ回路と、前記組電池の両端に接続されて組電池を充電する充電手段と、前記電圧検出手段により検出した各 2 次電池の DOD に対応して前記放電スイッチ回路を介して各 2 次電池を独立に放電させる制御手段とを備えたことを特徴とする 2 次電池の直列接続回路。

【請求項 2】 前記制御手段は、充電直前に前記放電により各 2 次電池の DOD を揃えた後に、前記充電手段による充電を開始させるものであることを特徴とする請求項 1 記載の 2 次電池の直列接続回路。

【請求項 3】 前記制御手段は、最低電圧の 2 次電池に合わせて各 2 次電池を放電させ DOD を揃えるものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の 2 次電池の直列接続回路。

【請求項 4】 前記制御手段は、各 2 次電池の DOD を揃える独立放電を DOD 80% より 100% の範囲で実施するものであることを特徴とする請求項 1、2、または 3 記載の 2 次電池の直列接続回路。

【請求項 5】 前記制御手段は、前記組電池の負荷への放電作動中において各 2 次電池の DOD バラツキが設定値を超える場合に各 2 次電池を独立放電させ、DOD を揃えるものであることを特徴とする請求項 1 に記載の 2 次電池の直列接続回路。

【請求項 6】 前記充電手段は、前記 2 次電池のいずれか 1 個が満充電に達した後は定電圧充電に切り替えるものであることを特徴とする請求項 1、2、3、4 または 5 記載の 2 次電池の直列接続回路。

【請求項 7】 DOD に応じて端子電圧が変化する 2 次電池を複数個直列に接続して構成する組電池において、前記各 2 次電池を並列接続に切り替え可能な直並列切替スイッチと、前記組電池の両端に接続されて組電池を充電する充電手段と、充電直前に前記直並列切替スイッチにより各 2 次電池の直列接続を並列接続に切り替えて DOD を揃えた後に、再び直列接続に戻す制御手段とを備えたことを特徴とする 2 次電池の直列接続回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、リチウムイオン 2 次電池等の非水溶媒系 2 次電池による組電池に関し、特に非水溶媒系 2 次電池等を直列接続した組電池の過充電・過放電を防止する 2 次電池の直列接続回路に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のリチウム電池等の非水溶媒系 2 次電池の過充電・過放電を防止する装置としては、特開平 4-331425 号、あるいは特開昭 61-2061

79 号に開示されているものがある。図 10 は従来の過充電・過放電防止装置の構成図であり、2 個のリチウムイオン 2 次電池 21a、21b を直列接続した組電池の例を示している。一般的に、リチウムイオン電池は自己放電が小さく充電効率が高いなどの利点を有するが、正極、負極の活物質、有機電解液間の化学反応によって決まる設計電圧（または充電終止電圧等の設定電圧）があり、設計電圧を超えて充電することを過充電と呼び、過充電を行うと負極上での Li 金属の析出や、正極活物質の分解により生ずるコバルトイオンによる Co 金属、あるいはコバルト化合物の析出、有機電解液の分解が生じ、正負極のショートや著しい電池性能の劣化を招くので過充電は避けなければならないとされている。

【0003】 放電の場合も極集電体 (Cu) の溶解電圧（または放電終止電圧）以下まで放電することを過放電と呼び、過放電では銅 Cu がイオン化して電解液中に溶出することにより、集電機能が低下して極活物質の脱落が生じ、過充電の場合と比較すればダメージは小さいものの、溶出した銅イオンによる正負極のショート、電池容量の低下などを招くので、過放電も避けなければならない。このような過充電・過放電を避けるために、図 10 の回路では、共通端子 30 と充電端子 31 間に充電用電源を接続して、スイッチ手段 23 を ON してリチウムイオン電池 21a、21b を充電する際、電圧検出器 24a、24b により各電池電圧をチェックしていずれか一方の電池が設定電圧を超えると、FET や SSR で構成するスイッチ手段 23 を OFF し、充電電流を遮断することにより過充電を避けるようにしている。一方、放電時はスイッチ手段 25 を ON して、電圧検出器 26 により放電電圧をチェックし、溶解電圧以下になったらスイッチ手段 25 を OFF して過放電を避けるようにしている。

【0004】 図 11 は従来のリチウム 2 次電池の直列接続回路の構成図であり、リチウムを負極として、正極に活性炭または 2 硫化チタン・マンガン酸化物などを用いたリチウム 2 次電池 41a、41b、…、41n を複数個直列に接続して使用する場合に、各電池に充電電圧が均等に配分されず充電特性にバラツキが生じて電池性能が劣化する問題を避けるため、各電池に並列に定電圧回路（ツェナーダイオード等）ZDa、ZDb、…、ZDn を接続して、これら定電圧回路による電圧検出によりバラツキを抑止しようとするものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図 10 に示すリチウムイオン 2 次電池の従来例においては、放電時は総電圧が溶解電圧以下になったら放電を停止し、充電時は各電池のいずれか 1 個でも満充電に達したら充電を終了するという構成であって、温度分布の不均一等の原因による各電池の充・放電効率の違いで発生する DOD (Depth of discharge: 放電深度

%表示)のバラツキ増加を抑える機能が用意されていない。

【0006】従って、図12の組電池の充・放電効率説明図に示すように、2個のリチウムイオン2次電池A、Bを直列に組電池状態で使用する場合は、低い方の電池容量によって使用できる容量が規定されてしまうために、DODのバラツキによって第1回目の充電時、電池Aが100Ah、電池Bが99Ahであって使い切るものとすれば、電池A、Bとも使用容量は99Ahであるから、放電作動の際に電池Aは1Ah分無駄になり、第10回目では9.5Ah分を無駄にしていることになり、このようにDODのバラツキの増加によって、組電池として使用できるエネルギー量が減ってしまうという問題がある。

【0007】またリチウムイオン2次電池は過充電による容量劣化度(寿命)が大きく、図13の過充電サイクル特性図に示すように、定電流・定電圧充電を行った場合、定電圧の設定値が4.2Vから4.3Vへ0.1V増加しただけで、100サイクル目の容量劣化率が2.5%から10%台に増加し、設定電圧0.1V(4.2Vに対して2.4%)の誤差によって寿命が1/4に低下してしまい、DODのバラツキ増加によって電池寿命が著しく短縮されるという問題がある。それに対し、過放電による容量劣化の程度は小さく、図14の過放電サイクル特性図に示すように、放電終止電圧(溶解電圧)が2.5Vから1.0Vになっても、100サイクル目の容量劣化率は2.5%から6%の増加に止まり、放電終止電圧1.5V(2.5Vに対して60%)の誤差でも寿命が1/2に低下するに止まる。

【0008】図11のリチウム2次電池の場合も、各電池41a、41b、…、41nに並列に接続した定電圧回路によって電圧検出しているため、例えば図15の(a)のように3個のリチウム2次電池E、F、Gを直列接続して定電圧回路としてツェナーダイオードによって電圧検出する際、どうしてもツェナーダイオードと周辺のバラツキ等により電圧検出レベルに誤差が発生する。

【0009】いま誤差により、電池Eは0.1V低く検出してしまうものとすれば、図15の(b)に示すように、満充電時の実際電圧は4.3Vになり、電池Fは正確な場合で実際電圧は4.2V、そして電池Gは0.1V高く検出してしまうものとして実際の充電電圧は4.1Vになるとすると、この状態で満充電したりチウム2次電池E(110Ah)、F(100Ah)、G(90Ah)を直列組電池として使用する際は、最低の電池Gの電池容量90Ahが使用容量となり、電池Fの実際の容量100Ahに対して90%の容量分しか使用できないことになる。また、この場合には、電池Eが過充電状態になるので真先に寿命が短くなる。すなわち、電圧検出のバラツキによって組電池として使用できるエネルギー量が減り、電池寿命が短縮されるという問題があ

る。

【0010】本発明は上述の問題点に鑑みてなされたものであり、DODおよび電圧検出等のバラツキを補正して、組電池として使用できるエネルギー量の減少を防止し、過充電によって電池寿命が短縮される確率を低下させるようにした2次電池の直列接続回路を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】このため請求項1に記載の本発明は、DODに応じて端子電圧が変化する2次電池を複数個直列に接続して構成する組電池において、前記各2次電池の端子電圧より各2次電池のDODを検出する電圧検出手段と、前記各2次電池を独立に放電させる放電スイッチ回路と、前記組電池の両端に接続されて組電池を充電する充電手段と、前記電圧検出手段により検出した各2次電池のDODに対応して前記放電スイッチ回路を介して各2次電池を独立に放電させる制御手段とを備えるものとした。

【0012】また請求項7に記載の発明は、上記の電圧検出手段と放電スイッチ回路のかわりに各2次電池を並列接続に切り替え可能の直並列切替スイッチを有し、制御手段が充電直前に前記直並列切替スイッチにより各2次電池の直列接続を並列接続に切り替えてDODを揃えた後に、再び直列接続に戻すように構成されたものとした。

【0013】

【作用】請求項1のものでは、電圧検出手段により検出した各2次電池のDODに対応して各2次電池を独立に放電させる制御手段を有するから、各電池のDODを揃えることができ、DODの差の増大による使用可能エネルギー量の低減が防止される。上記各2次電池の独立放電によるDOD揃えは、組電池の充電直前に行ない、その後充電を開始させるようにすることができる。

【0014】あるいはまた、組電池の使用による放電中においても、各2次電池のDODバラツキが設定値を超える場合に各電池を独立に放電させDODを揃えることもでき、組電池の充電・放電時におけるDODのバラツキを抑えることができる。また、DODを揃えるにあたっては、最も低電圧の2次電池に合わせて他の各2次電池を放電させDODを揃えるようにすることもできる。さらに、DODは80%より100%の範囲で揃えるようにすると、調整が容易である。なお、充電手段は、2次電池のいずれか1個が満充電に達した後、定電圧充電に切り替えるようにすることができる。

【0015】請求項7のものでは、直並列切替スイッチにより各2次電池の直列接続を並列接続に切り替えることにより各2次電池のDODが揃うので、その後再び直列接続に戻して充電を行なうことができる。

【0016】

【実施例】以下、本発明の実施例を図に基づいて説明す

る。図1は、本発明の第1の実施例に係る2次電池の直列接続回路の構成図である。複数(n個)の2次電池1 a、1 b、…、1 nを直列接続して組電池状態とし、直列接続の放電抵抗2 aおよび放電用トランジスタ3 a、放電抵抗2 bおよび放電用トランジスタ3 b、そして放電抵抗2 nおよび放電用トランジスタ3 nの各放電スイッチ回路(バイパス回路)を、2次電池1 a、1 b、…、1 nのそれぞれに並列に接続している。

【0017】同じく2次電池1 a、1 b、…、1 nそれぞれに並列に接続して、各電池の電圧を検知する電圧検出器4 a、4 b、…、4 nと、各電圧検出器の電圧検出値を入力してDODを検出し、放電用トランジスタ3 a、3 b、…、3 nをON/OFFして各2次電池1 a、1 b、…、1 nを独立に放電させる制御用のコントローラ5と、充電時に組電池に充電電圧・電流を印加するための充電器7と、コントローラ5の制御信号により充電器7の出力をON/OFFするコンタクト6と、充電動作開始用の充電信号スイッチ8とで構成されている。

【0018】図2は図1に示す実施例の動作のフローチャートである。まず、ステップ101において、コントローラ5で、充電シーケンス(充電動作)をスタートさせる充電信号スイッチ8の状態をチェックし、充電動作を開始するか否かを判断する。なお、一般に充電器は電池とは別置きなので、充電器と電池を接続するコネクタの接続動作に同期して、スイッチ8をON/OFFさせてもよい。そして、充電信号スイッチ8がONの場合はステップ102へ進み、電圧検出器4 a、4 b、…、4 nにより検出される各2次電池1 a、1 b、…、1 nの電圧をチェックする。これにより、各電池のDODが検出される。(電圧検出手段の動作に相当)

【0019】すなわち、DODは図3に示すような電池電圧と放電電流をパラメータとする特性図により求められる。2次電池1 aを例にとれば、放電用トランジスタ3 aがONしているときの当該放電スイッチ回路の放電抵抗2 bの抵抗値をR、電圧検出器4 aで検出した2次電池1 aの電圧をVとして、放電スイッチ回路を流れる放電電流値Iは、

$$I = V / R$$

で求められ、これらIとVに基づいて上記特性図から読み取ることができる。

【0020】なお、特性は各2次電池の内部抵抗により異なり、電池の製造上のばらつきや劣化によって内部抵抗は一定ではないので、負荷への放電の際、負荷電流と電池電圧から個々の内部抵抗を求めておき、補正するようにすればよい。ただし、適用対象によって、各2次電池の内部抵抗を同一とみなし、放電用トランジスタがONの状態ではDOD100%になる電圧を固定的に設定し、その電圧に達したらDOD100%とするものとして、設定作業を簡単なものとすることもできる。

【0021】ステップ103では、各2次電池1 a、1 b、…、1 nの中で、DODが小さく電圧が予め設定された放電終止電圧以上の電池例えば1 aに関して、コントローラ5より制御信号が送出され、その電池の放電用トランジスタ3 aをONさせて放電抵抗2 aとの放電スイッチ回路を介して独立に放電させる。一方、DODが大きく電圧が予め設定された放電終止電圧以下の電池は、ONして放電させると過放電になるので、これを避けるためその電池の放電用トランジスタはOFFのままとする。そしてステップ104において、各電池の電圧が放電終止電圧になってDODが揃ったかどうかチェックされる。各電池のDODがまだ不揃いの場合(すなわち、放電終止電圧になっていないとき)は、ステップ102以降の処理を繰り返し、DODが揃ったら次のステップ105へ進む。このとき、放電用トランジスタ3 a、3 b、…、3 nはすべてOFFになる。(放電手段の動作に相当)

【0022】ステップ105では、各電池のDODを揃える上記独立放電処理の完了により、コントローラ5からの制御信号によりコンタクト6がONされ、充電器7より2次電池1 a、1 b、…、1 nへ充電電圧・電流を印加して充電が開始される。そしてステップ106で、コントローラ5での各電圧検出器4 a、4 b、…、4 nの電圧検出により、各2次電池1 a、1 b、…、1 nの中で、その正極、負極の活物質、有機電解液間の化学反応等によって決まる設計電圧(または充電終止電圧等の設定電圧)に達した電池があるかがチェックされる。設定電圧に達したものがいない間はこのチェックが繰り返され、設定電圧に達した電池が発生したらステップ107へ進む。ステップ107では、コンタクト6をOFFして充電を終了する。(充電手段の動作に相当)

【0023】以上のように構成された本実施例においては、放電後(電池使用後)に各2次電池の独立放電によりDODを揃えるようにしたので、検出器等の誤差をある程度見込んでも、図10、図12の従来例の場合のようにDODの差が広がり、使用できるエネルギー量が減って行くような事態が防止される。

【0024】なお、図11、図15の従来例でも、各電池に接続されたツェナーダイオードにより印加電圧が制限され、所定電圧になった以降DODの大きさの順で充電電流が減少するのでDODを揃える方向に進む。しかし、図5に示されるように、充電時よりも放電時の方が内部抵抗が大きくなるので、同じ電流であれば、 $V = I \cdot R$ によりDODの変化に対する電圧の変化は放電時の方が大きい。このため、同じ精度の電圧検出器を用いても上記従来例によるよりはDODの不揃いを小さく収めることができる。また、温度ドリフトなどによって電圧検出器のゼロ点がずれたりして、図4に示すような電圧検出レベルに誤差があるような場合にも、図3の放電特性図に示されるように、DODが大になるにしたがって

電圧低下の傾きが大きくなるため、このDOD大の領域で合わせることでDODの不揃いを容易に小さくできる。

【0025】なお、第2の実施例として、図2のステップ103、104の処理において、各2次電池1a、1b、…、1nのDODを揃えるための放電を、放電終止電圧まで全ての電池を放電させるかわりに、放電後（使用後）の最低電圧の電池を基準にして各電池をそれに合わせて放電させ揃えるようにすれば、充電時間の短縮と充電に要するエネルギー量の節約が可能になる。

【0026】さらに本発明の第3の実施例として、第1の実施例の図2に示したステップ106、107における充電処理において、各2次電池1a、1b、…、1n中いずれか1個の電池が設定電圧（充電終止電圧）に達した場合、直ちに充電を終了するのかわりに、それ以降も充電器7の出力電圧をホールドして、定電圧充電に切り替え充電電流を徐々に小さくすることで続行するようにすれば、過電圧による過充電が防止でき、よりスムーズに全ての電池の満充電を実施できる。

【0027】つぎに本発明の第4の実施例として、先の第1の実施例の図2に示したステップ103、104の処理で放電終止電圧まで放電させるかわりに、DODを合わせるための放電をDOD80%~100%の範囲で実施することもできる。図5は本実施例による2次電池のDODと内部抵抗の特性曲線を示す図である。放電時の内部抵抗はDOD80%から急変するので、この間DODの変化に対する放電時の電圧変化が大きくなるので、この範囲では電圧検出器の誤差に対してDODの調整誤差が小さくなるという利点がある。

【0028】つぎに図6は、本発明の第5の実施例に係る2次電池の直列接続回路の構成図である。上述の各実施例では、放電用のスイッチ回路を介し、独立に放電させることで各2次電池のDODを揃えるようにしていたが、代わりに充電前に各2次電池1a、1b、…、1nを、直列接続から並列接続に切り替えることによってDODを揃えるようにしたものである。

【0029】図6の（a）のような通常の直列接続のリチウムイオン2次電池1a、1b、…、1nの組電池を、充電に際して、図6の（b）に示すように、各直並列切替スイッチSa、Sb、…、Snによって、各電池1a、1b、…、1nを並列接続に切り替える。リチウムイオン2次電池にはコンデンサ類似の特性があって、DODの異なる電池を複数並列接続するとDODが揃ってくる。（鉛バッテリーに比較してDODが良く揃う）こうして並列接続に切り替えてDODを揃えた後、再度、直並列切替スイッチSa、Sb、…、Snによって（a）の直列接続に戻し、充電を開始する。図7は、図6の直並列各回路において、並列接続時の過電流対策用に各抵抗Ra、Rb、…、Rnを挿入した回路例である。これら図6、図7の実施例の場合は、放電終止電圧

以下か否かを検出してトランジスタのON/OFF制御を行なうことや放電後の電圧検出を行なう分だけ、制御を簡略化できる利点がある。

【0030】つぎに図8は、本発明の第6の実施例に係る2次電池の直列接続回路の構成図である。これは、前述の実施例においては充電する前の前処理としてDODを揃えていたのに対し、コントローラ5'が2次電池の使用中の放電の間にDODを揃えながら電池を使用するように制御するものである。この実施例では、3個の2次電池1a、1b、1cが直列接続されているものとする。その他の構成は図1と同じである。

【0031】図9はこの実施例における動作を示すフローチャートである。まずステップ201では、コントローラ5'において、2次電池1a、1b、1cの検出電圧V1、V2、V3の中で最も低いVminのものを求める。ステップ202で、Vminの電池例えば2次電池1bと他の電池の電圧差をそれぞれ求める。そしてステップ203では、電圧の差が設定値以上の電池の放電スイッチ回路（バイパス回路）の放電用トランジスタ3aまたは3cをONして独立に放電させ、DODのバラツキを抑える。以上の動作が常時繰り返される。この場合は使用中（負荷への放電中）も常にDODを揃えているので、充電時に行う前処理としてのDOD揃えが省略できる。

【0032】なお、各実施例はリチウム2次電池あるいはリチウムイオン2次電池いずれについても適用できるものであるが、これらに限定されるものではなく、その他の非水溶媒系2次電池、ポリマー系リチウム2次電池等、抵抗（電池の内部抵抗）およびコンデンサの直列回路と、電圧、電流、時間の関係において等価の特性を示す電池にも適用できることはもちろんである。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、充電を開始する前に、各2次電池に接続して電池を独立に放電させるための放電スイッチ回路により、個別に放電を行って各電池のDODを揃えた後に、充電を開始するように構成したので、DODのバラツキにより組電池として使用できるエネルギー量の減少を防止し、電圧検出器のバラツキによる過充電によって電池寿命が短縮される確率を低下させる効果がある。また、電池を使用しても各電池の電圧をチェックして、その差が設定値を超える電池は放電スイッチ回路により放電を行って、常にDODを揃えて作動するようにしたときには、充電直前にDODを揃える必要が無くなり、その分充電のための総時間が短縮されるという効果もある。さらに各2次電池を並列接続に切り替え可能な直並列切替スイッチを用いて、充電直前に直並列切替スイッチにより各2次電池の直列接続を並列接続に切り替えるようにしたときには、各電池別の電圧検出手段や放電スイッチ回路なしで各電池のDODを揃えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施例に係る 2 次電池の直列接続回路の構成図である。

【図 2】 図 1 に示す実施例の動作のフローチャートである。

【図 3】 放電時の DOD と電池電圧の関係を示す放電特性図である。

【図 4】 電圧検出レベルの誤差例を示す説明図である。

【図 5】 本発明の第 4 の実施例に係る DOD と内部抵抗の特性曲線を示す図である。

【図 6】 第 5 の実施例に係る 2 次電池の直列接続回路の構成図である。

【図 7】 第 5 の実施例の変形例を示す図である。

【図 8】 本発明の第 6 の実施例を示す図である。

【図 9】 第 6 の実施例における動作のフローチャートである。

【図 10】 従来の過充電・過放電防止装置の構成図である。

【図 11】 従来のリチウム 2 次電池の直列接続回路の構成図である。

【図 12】 図 10 に示す組電池の充放電効率の説明図である。

【図 13】 従来の電池の過充電サイクル特性曲線を示す図である。

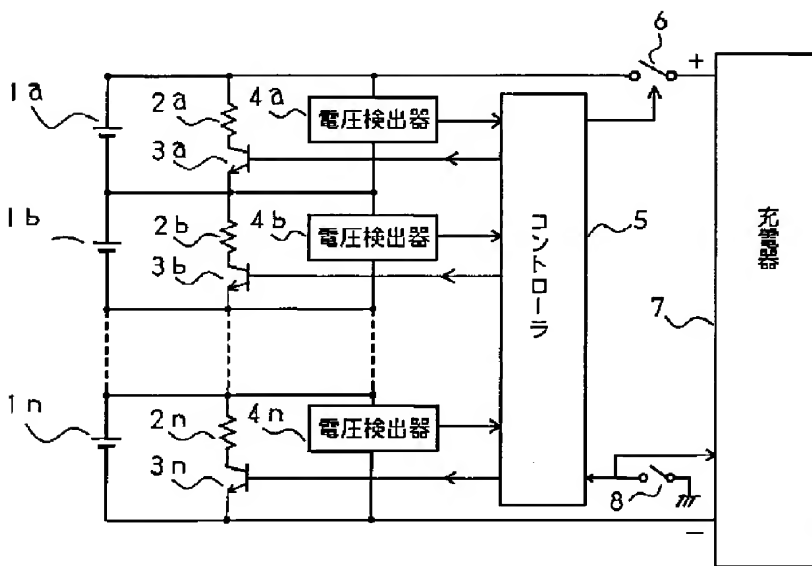
【図 14】 従来の電池の過放電サイクル特性曲線を示す図である。

【図 15】 図 11 に示す組電池の電圧検出レベルの説明図である。

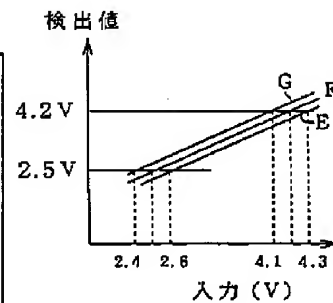
【符号の説明】

1 a、1 b、…、1 n	2 次電池
2 a、2 b、…、2 n	放電抵抗
3 a、3 b、…、3 n	放電用トランジスタ
4 a、4 b、…、4 n	電圧検出器
5、5'	コントローラ
6	コンタクト
7	充電器
8	充電信号スイッチ
S a、S b、…、S n	直並列切替スイッチ
R a、R b、…、R n	抵抗

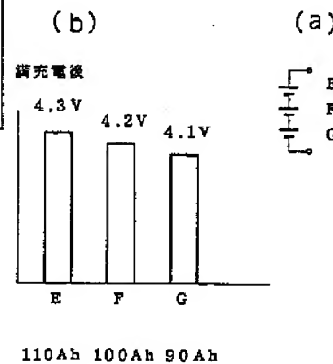
【図 1】



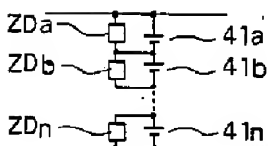
【図 4】



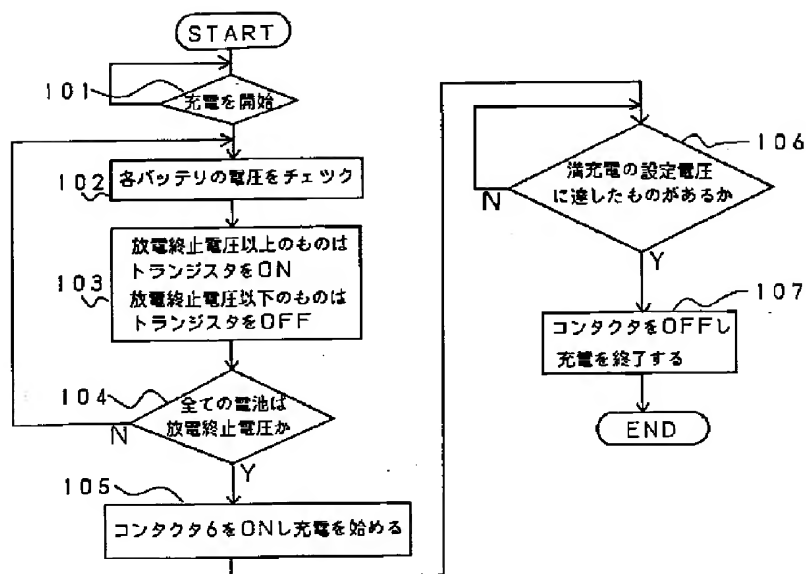
【図 15】



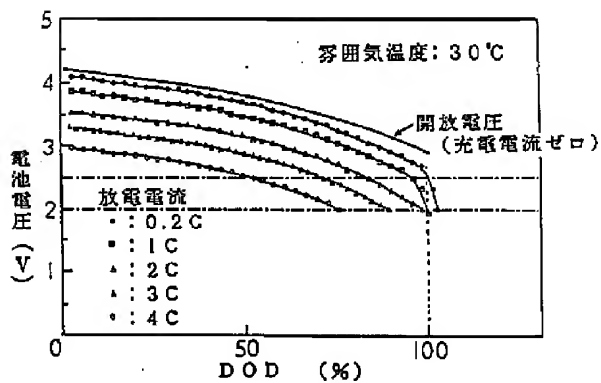
【図 11】



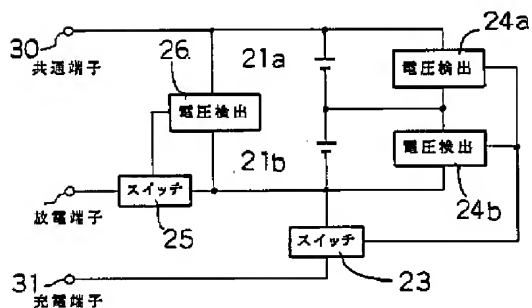
【図2】



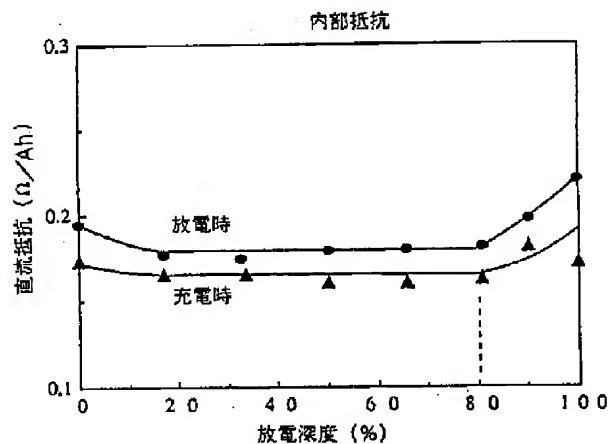
【図3】



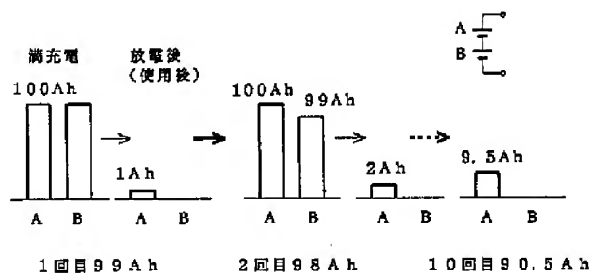
【図10】



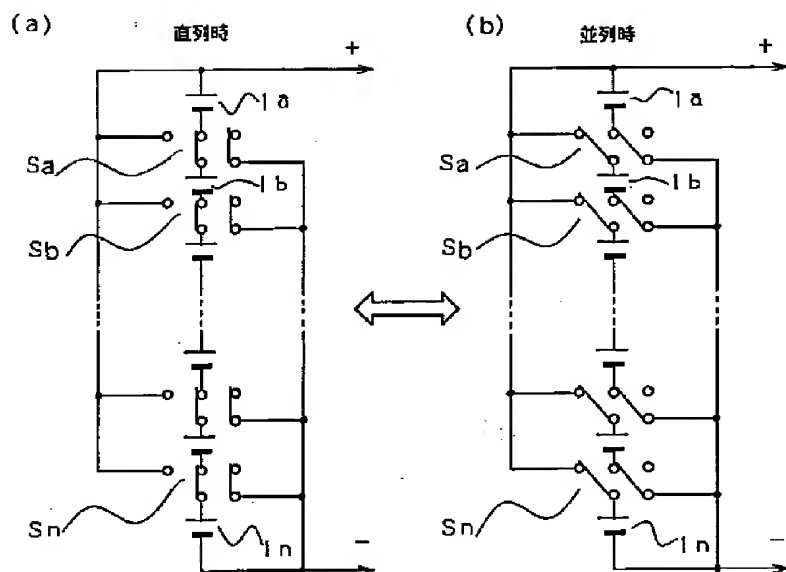
【図5】



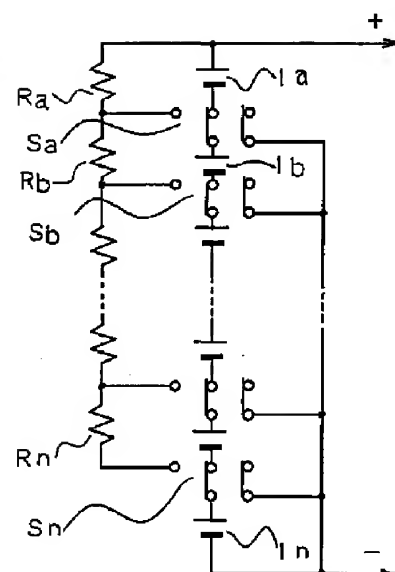
【図12】



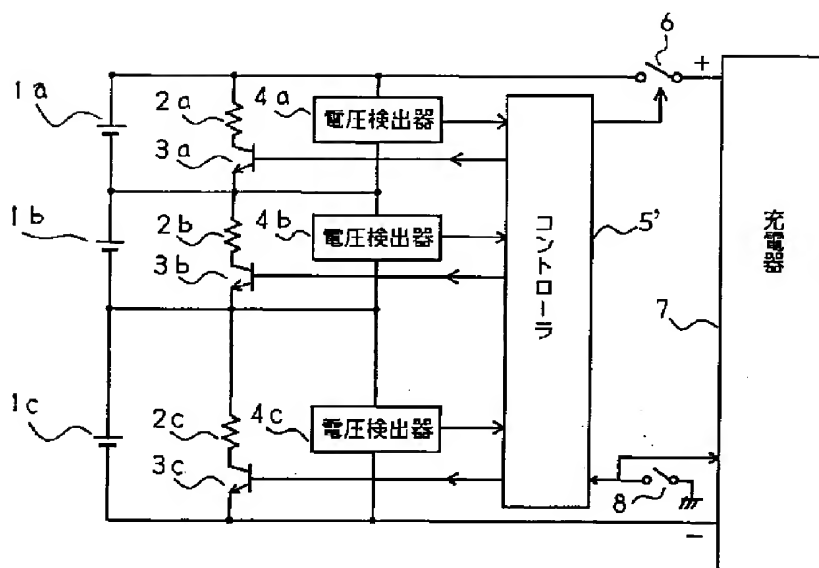
【図6】



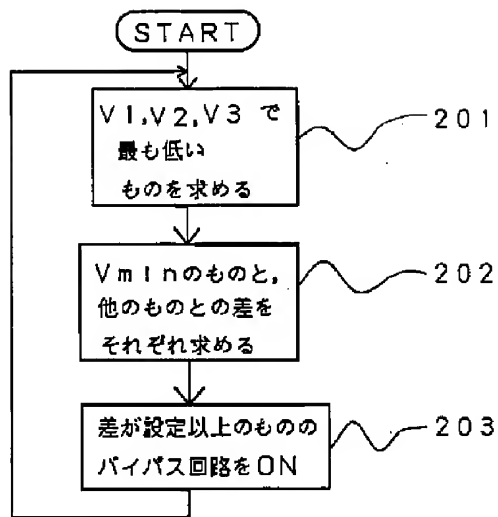
【図7】



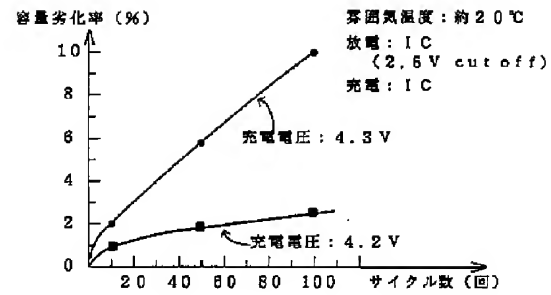
【図8】



【図9】



【図13】



【図14】

